Axioma

Postulado de Conversión Energética Fotónica-Energía Oscura

(CEFEO)

CARLOS DAVID BIANCO MORENO

CARLOSDAVID1985@HOTMAIL.ES

VENEZUELA 19/11/2025

Axioma (Postulado de Conversión Energética Fotónica-Energía Oscura):

"La disminución en la energía de un fotón debido al desplazamiento al rojo cosmológico (redshift) no es un proceso disipativo, sino una conversión directa y conservativa en un campo de energía oscura. La tasa de creación de energía oscura en un volumen dado es proporcional a la tasa de pérdida de energía total de los fotones de alta energía que atraviesan dicho volumen."

Formulación Matemática del Axioma:

Podemos expresar esto con una ecuación diferencial. Sea **ρ_DE** la densidad de energía oscura y **E_foton** la energía de un fotón.

dρ_DE / dt = -α * (dE_foton_total / dt) / V

Donde:

- **dρ_DE / dt** es la tasa de cambio de la densidad de energía oscura con el tiempo.
- **dE_foton_total / dt** es la tasa de cambio de la energía total de todos los fotones relevantes en el volumen **V**.
- **V** es el volumen de espacio considerado.
- **α** (alfa) es una **constante de acoplamiento**. Es un nuevo número fundamental de la naturaleza que determina cuán eficiente es la conversión de energía fotónica a energía oscura. **α > 0**.

El signo negativo es crucial: cuando la energía del fotón disminuye (**dE_foton_total** es negativo), la densidad de energía oscura aumenta (**dρ_DE** es positivo).

Desarrollo del Modelo Matemático

Ahora, usemos este axioma para construir el resto de la teoría.

Pérdida de Energía del Fotón

La energía de un fotón con un desplazamiento al rojo **z** es:

$E_{observada} = E_{emitida} / (1 + z)$

La energía perdida por un solo fotón desde su emisión hasta su observación es:

$\Delta E_{foton} = E_{emitida} - E_{observada} = E_{emitida} * (1 - 1 / (1 + z))$

Aplicando las Condiciones Iniciales

Tenemos un punto de inicio (un "semilla" de expansión) con:

- Volumen inicial: **$V_o = (1\ mm)^3 = (10^{-3}\ m)^3 = 10^{-9}\ m^3$**
- Número de fotones gamma iniciales: **$N_\gamma \approx 10^{28}$**
- Energía típica de un fotón gamma (asumamos un valor, por ejemplo, de una explosión de rayos gamma): **$E_\gamma \approx 1\ MeV = 1.6 \times 10^{-13}\ J$**

La densidad de energía gamma inicial en ese punto es inmensa:

$\rho_{\gamma o} = (N_\gamma * E_\gamma) / V_o = (10^{28} * 1.6 \times 10^{-13}\ J) / 10^{-9}\ m^3 = 1.6 \times 10^{32}\ J/m^3$

Esta es una densidad de energía colosal, comparable a las del universo muy temprano. Según el axioma, esta enorme "reserva" de energía está lista para ser convertida en energía oscura a medida que estos fotones comiencen a viajar y a sufrir redshift.

La Ecuación de la Expansión

La expansión del universo se rige por las ecuaciones de Friedmann, derivadas de la Relatividad General. En el modelo estándar (ΛCDM), la aceleración de la expansión (**ä**) es:

$\ddot{a}/a = -(4\pi G/3) * (\rho + 3p/c^2) + (\Lambda c^2/3)$

- **ä/a** es el parámetro de aceleración (la segunda derivada del factor de escala **a**).
- **G** es la constante gravitacional.
- **ρ** y **p** son la densidad de energía y la presión totales de materia y radiación.
- **Λ** es la constante cosmológica (energía oscura como propiedad del vacío).

En el modelo, Λ no es constante. Es dinámica y depende de la creación de energía oscura. Reemplazamos el término **$\Lambda c^2/3$** con un término que representa la presión de la energía oscura recién creada.

$\ddot{a}/a = -(4\pi G/3) * (\rho_m + \rho_\gamma + \rho_{DE} + 3p_m/c^2 + 3p_\gamma/c^2 + 3p_{DE}/c^2)$

Aquí, **ρ_{DE}** no es constante, sino que evoluciona según el axioma. La presión de la energía oscura **p_{DE}** se asume que es negativa (**$p_{DE} \approx -\rho_{DE} * c^2$**), que es lo que causa la repulsión gravitacional.

Modelando el Ciclo Cosmológico

Ahora podemos describir el ciclo completo usando estas ecuaciones.

Universo "Inmaduro" - Aceleración de la Expansión

- **Estado Inicial:** Justo después del "Big Bounce" (o inicio), el universo es denso y caliente, lleno de fotones de alta energía (como los de la semilla de 10^{28} fotones). La densidad de radiación ρ_γ es altísima.
- **Proceso:** Estos fotones viajan y pierden energía rápidamente. Según el axioma ($d\rho_{DE}/dt = -\alpha * dE_{foton_total}/dt / V$), la tasa de creación de energía oscura es máxima.
- **Resultado:** El término de energía oscura en la ecuación de Friedmann crece rápidamente, superando el término gravitacional (que es negativo). La aceleración $\ddot{a}$ se vuelve fuertemente positiva. El universo se expande y acelera. Esto explica por qué lo vemos acelerando *ahora*: todavía estamos en la fase donde la producción de energía oscura es significativa.

Universo "Maduro" - Desaceleración y Contracción

- **Proceso:** A medida que el universo envejece, las fuentes de fotones gamma (estrellas masivas, cuásares, GRBs) se agotan. La densidad de fotones de alta energía ρ_γ disminuye drásticamente. La tasa de creación de energía oscura $d\rho_{DE}/dt$ se reduce.
- **Resultado:** La energía oscura existente se diluye por la expansión del espacio ($\rho_{DE} \propto 1/V$). Como no se reabastece lo suficientemente rápido, su efecto repulsivo se debilita. Mientras tanto, la materia (normal y oscura), aunque también se diluye ($\rho_m \propto 1/a^3$), sigue ejerciendo su atracción gravitacional.
- **El Punto de Inflexión:** Eventualmente, el término gravitacional $-(4\pi G/3) * \rho_m$ vuelve a dominar sobre el término de energía oscura. La aceleración $\ddot{a}$ se vuelve negativa. La expansión se detiene y comienza la contracción.

El Colapso y el "Big Bounce"

- **Proceso:** La contracción comprime toda la materia y la radiación restante en un volumen cada vez menor. Las densidades ρ_m y ρ_γ se disparan. La temperatura aumenta hasta valores inimaginables.
- **Resultado:** En este estado de altísima energía y densidad, las condiciones físicas son similares a las del inicio. Podría formarse una nueva singularidad o, como sugieren algunos modelos, un "rebote" (Big Bounce) donde la densidad de energía es tan alta que da lugar a una nueva fase de expansión, recreando las condiciones iniciales de tu semilla de 10^{28} fotones en un volumen minúsculo. El ciclo comienza de nuevo.

Resumen del Modelo Matemático

1. **Axioma: $d\rho_{DE} / dt = -\alpha * (dE_{foton_total} / dt) / V$**
2. **Energía del Fotón: $E(z) = E_o / (1+z)$**
3. **Densidad de Energía Oscura: $\rho_{DE}(t)$** es una función dinámica que depende de la historia de la radiación de alta energía del universo.
4. **Ecuación de Expansión (Modificada): $\ddot{a}/a = -(4\pi G/3) * (\rho_{total} + 3p_{total}/c^2)$**, donde **$\rho_{DE}$** y **$p_{DE}$** son dinámicos.
5. **Ciclo:**
    - **Expansión Acelerada: ρ_γ** alta → **$d\rho_{DE}/dt$** alta → **$\ddot{a} > 0$**.
    - **Contracción: ρ_γ** baja → **$d\rho_{DE}/dt$** baja → **$\ddot{a} < 0$**.
    - **Rebote:** Contracción → **ρ** y **T** altísimas → Nueva expansión.

Implicaciones y Desafíos

- **Variación Local:** En regiones del universo con una densidad inusualmente alta de rayos gamma (cerca de cuásares o núcleos galácticos activos), podría haber una ligera expansión local del espacio-tiempo mayor que en los vacíos cósmicos. Cabe destacar que debido a la gravedad presente no sucede. La cantidad de fotones es hipotética puede ser más o puede ser menos.
- **Nueva Física:** Este modelo requiere modificar la Relatividad General para incluir esta conversión de energía. La constante **α** sería una nueva constante fundamental, junto con **G**, **c** y **h**.
- **Conservación de la Energía:** El modelo postula una ley de conservación de la energía muy estricta (energía fotónica → energía oscura), lo cual es intuitivo pero entra en conflicto con la visión estándar de la Relatividad General, donde la energía global no se conserva de forma tan simple.

El Conflicto con la Relatividad General Estándar

La ecuación de campo de Einstein es:

$G_{\mu\nu} = (8\pi G/c^4) T_{\mu\nu}$

- **$G_{\mu\nu}$** (Tensor de Einstein) describe la curvatura del espacio-tiempo.
- **$T_{\mu\nu}$** (Tensor de energía-momento) describe la materia, la radiación y la energía que causan esa curvatura.

En la Relatividad General estándar, se asume que el tensor de energía-momento es **localmente conservado**. Esto se expresa matemáticamente como:

$\nabla_\mu T^{\mu\nu} = 0$

Esta ecuación es el análogo de la ley de conservación de la energía y el momento. En el contexto cosmológico, esto significa que la energía de un fotón que se "pierde" por el desplazamiento al rojo simplemente desaparece del balance energético local; no se convierte en nada más. Simultáneamente, la energía oscura (si es una constante cosmológica **Λ**) es, por definición, constante.

El axioma viola directamente $\nabla_\mu T^{\mu\nu} = 0$, porque postula una transferencia de energía de un componente (fotones) a otro (energía oscura).

La Modificación - Introduciendo un Término de Intacción

Para incorporar la idea, debemos reemplazar la estricta ley de conservación por una que permita esta transferencia. Descomponemos el tensor de energía-momento total en sus partes:

$T_{\mu\nu_total} = T_{\mu\nu_materia} + T_{\mu\nu_radiación} + T_{\mu\nu_DE}$

La nueva ley de conservación para nuestro modelo debe ser:

$\nabla_\mu T^{\mu\nu}_{total} = \nabla_\mu T^{\mu\nu}_{materia} + \nabla_\mu T^{\mu\nu}_{radiación} + \nabla_\mu T^{\mu\nu}_{DE} = 0$

Pero ahora, permitimos que los componentes individuales no se conserven. La radiación pierde energía y la energía oscura la gana. Podemos escribir esto como:

$\nabla_\mu T^{\mu\nu}_{radiación} = -Q^\nu$ $\nabla_\mu T^{\mu\nu}_{DE} = +Q^\nu$

Donde **Q^ν** es un **vector de flujo de energía-momento** que describe la tasa y dirección de la transferencia de energía desde la radiación hacia la energía oscura. Por simplicidad, en un universo homogéneo e isotrópico (métrica FLRW), solo el componente temporal (**Q^0**) es relevante y representa la transferencia de energía.

Formulación en la Cosmología (Ecuaciones de Friedmann Modificadas)

En el contexto del universo en expansión, la condición **$\nabla_\mu T^{\mu\nu} = ...$** se traduce en las **ecuaciones de continuidad** para cada componente. La ecuación estándar para un fluido **i** es:

$d\rho_i/dt + 3(H/c)(\rho_i + p_i/c^2) = 0$

Ahora, introducimos nuestro término de interacción **Q** (que es **Q^0** en la notación anterior).

Ecuación de Continuidad para la Radiación (Fotones Gamma)

La radiación pierde energía por dos motivos:

1. La expansión del universo (término estándar).
2. La conversión a energía oscura (nuestro nuevo término).

$d\rho_\gamma/dt + 4H\rho_\gamma = -Q$

(El factor 4 proviene de que, para la radiación, la presión es ***$p_\gamma = \rho_\gamma c^2/3$****, entonces* ***$\rho_\gamma + p_\gamma/c^2 = 4\rho_\gamma/3$****, y el* ***3H/c*** *de la ecuación general multiplica a esto).*

Ecuación de Continuidad para la Energía Oscura

La energía oscura gana energía a través del término **Q**. Asumimos que su ecuación de estado es **$p_{DE} = -\omega\rho_{DE}c^2$**, donde **$\omega \approx -1$** para causar una repulsión gravitacional.

$d\rho_{DE}/dt + 3H(\rho_{DE} + p_{DE}/c^2) = +Q$

Sustituyendo **p_{DE}**:

$d\rho_{DE}/dt + 3H(\rho_{DE} - \omega\rho_{DE}) = +Q$ $d\rho_{DE}/dt + 3H\rho_{DE}(1 - \omega) = +Q$

Si asumimos **$\omega = -1$** (como una constante cosmológica), el término de dilución por expansión desaparece:

$d\rho_{DE}/dt = +Q$

Definiendo el Término de Interacción Q a partir del Axioma

El axioma dice que la tasa de creación de energía oscura es proporcional a la tasa de pérdida de energía de los fotones. La pérdida de energía de los fotones está directamente ligada a la tasa de expansión del universo, la **constante de Hubble (H)**. Cuanto más rápido se expande el universo, más rápido es el desplazamiento al rojo y más rápida la pérdida de energía.

Por lo tanto, una forma lógica y simple de modelar **Q** es:

$Q = \Gamma * \rho_\gamma$

Donde:

- **ρ_γ** es la densidad de energía de la radiación (fotones gamma).
- **Γ** (Gamma) es la **tasa de conversión**. Debe tener unidades de inversas de tiempo. La elección más natural es hacerla proporcional a la tasa de expansión **H**.

$\Gamma = \alpha H$

Aquí, **α** es la **constante de acoplamiento**

El Sistema Final de Ecuaciones Modificadas

La nueva teoría de gravedad, que llamaremos "Relatividad General con Conversión Energética", se define por:

1. **La Ecuación de Campo de Einstein (sin cambios): $G_{\mu\nu} = (8\pi G/c^4) T_{\mu\nu_total}$**
2. **Las Ecuaciones de Continuidad Modificadas:**
    - **Materia: $d\rho_m/dt + 3H\rho_m = 0$** (sin cambios, no interactúa)
    - **Radiación: $d\rho_\gamma/dt + 4H\rho_\gamma = -\alpha H\rho_\gamma$**
    - **Energía Oscura: $d\rho_{DE}/dt = +\alpha H\rho_\gamma$**

Interpretación y Consecuencias del Modelo Modificado

- **Fase de Aceleración (Universo Inmaduro):** Al principio del ciclo, **ρ_γ** es enorme. La ecuación **$d\rho_{DE}/dt = \alpha H\rho_\gamma$** implica que la energía oscura se crea a una tasa muy alta. Este rápido aumento de **ρ_{DE}** domina en la ecuación de Friedmann de la aceleración, provocando una expansión acelerada. El universo se comporta como si tuviera una constante cosmológica muy grande y creciente.
- **Fase de Desaceleración (Universo Maduro):** A medida que el universo envejece, **ρ_γ** disminuye por la expansión (**$\rho_\gamma \propto 1/a^4$**) y porque las fuentes de fotones gamma se agotan. La tasa de creación de energía oscura **$d\rho_{DE}/dt$** cae drásticamente. La energía oscura existente se diluye con la expansión, y como no se reabastece, su efecto repulsivo se debilita. La gravedad de la materia (**$\rho_m \propto 1/a^3$**) eventualmente domina, y la expansión se desacelera y se revierte.
- **El Ciclo:** El sistema de ecuaciones es inherentemente cíclico. No hay una constante cosmológica externa e inmutable. La aceleración es una fase temporal impulsada por un combustible (la energía de los fotones) que es finito en cada ciclo.

Carlos Bianco

Venezolano

carlosdavid1985@hotmail.es